

Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn – Geotechnische Messkonzepte und deren Umsetzung

Dr.-Ing. Lutz Vogt
PD Dr.-Ing. Peter-Andreas von Wolffersdorff
BAUGRUND DRESDEN Ingenieurgesellschaft
Paul-Schwarze-Straße 2
01097 Dresden
info@baugrund-dresden.de

1 Einleitung

Vergleichsweise hohe Instandhaltungsaufwendungen für die Hochgeschwindigkeitsstrecken der Bahn in Schotterbauweise führten zur Entwicklung der Festen Fahrbahn. Bei dieser Oberbauart liegen die Gleise auf gebundenen Tragschichten (Beton oder Asphalt) auf. Die für die Lastverteilung in der Schiene erforderliche Elastizität wird durch elastische Elemente in den Schienenstützpunkten gewährleistet.

Die besonderen Vorteile der Festen Fahrbahn sind der geringere Instandhaltungsaufwand und damit verbunden die höhere Verfügbarkeit der Trasse sowie ein hoher Fahrkomfort für den Reisenden. Zudem sind mit Fester Fahrbahn größere Überhöhungen als im Schotteroberbau möglich, so dass optimierte Trassierungen einfacher erreicht werden können.

In Deutschland gibt es bereits seit über 30 Jahren Forschungen zur Thematik der Festen Fahrbahn. Mehrere Teststrecken mit unterschiedlichen Feste-Fahrbahn-Systemen wurden gebaut. Die neuen Hochgeschwindigkeits-Neubau-strecken der DB AG von Hannover nach Berlin, von Köln nach Frankfurt und von Nürnberg nach Ingolstadt wurden mit der Oberbauart Feste Fahrbahn ausgeführt (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Hochgeschwindigkeits-Neubaustrecke von Nürnberg nach Ingolstadt

Da bei der Planung und beim Bau von Neubaustrecken oft schwierige topographische und geologische Verhältnisse berücksichtigt werden müssen, sind bereichsweise besondere Aufwendungen zur Gewährleistung der Standsicherheit der Erd- und Ingenieurbauwerke im Bau- und im Endzustand erforderlich. Bei der geotechnischen Erkundung, der Überwachung der Standsicherheit und der Quantifizierung von Einwirkungen auf die Bauwerke ist eine Vielzahl von Messaufgaben zu realisieren. Zur Klärung folgender geotechnischer Fragestellungen werden Messungen durchgeführt:

- Ermittlung der Baugrundeigenschaften (z. B. Ermittlung der Durchlässigkeit des Bodens durch Pumpversuche)
- Ermittlung und Überwachung der Einwirkungen auf die Bauwerke (z. B. Messung relevanter Grundwasserstände und -strömungen)
- Lokalisierung von Rutschflächen und Abgrenzung von Rutschbereichen (z. B. Überwachung der Verformung bekannter Rutschhänge)
- Überwachung standsicherheitsgefährdeter Böschungen während der Bau- oder Sicherungsarbeiten

- Bestimmung des Gebirgsverhaltens zur Festlegung und Überwachung der Ausbruchssicherung beim bergmännischen Auffahren von Tunneln u. a. m.

Das zweite große Einsatzgebiet für Messungen an Hochgeschwindigkeitsstrecken der Bahn ist die Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit des Fahrweges. Für die Gebrauchstauglichkeit von Hochgeschwindigkeitsstrecken der Bahn sind vorrangig Setzungen relevant. In Streckenbereichen mit quellfähigem Untergrund und lang anhaltendem Grundwasseranstieg können jedoch auch Hebungen maßgebend sein.

Treten unzulässige Untergrund- und Dammeigensetzungen sowie Setzungen infolge Eisenbahnverkehrs auf, sind Gleislagekorrekturen notwendig. Bei der Oberbauart Feste Fahrbahn sind Gleislagekorrekturen unter Eisenbahnbetrieb durch die vergleichsweise geringen Regulierungsmöglichkeiten im Schienenstützpunkt sehr beschränkt. Sie sind zudem sehr aufwendig und mit einer Einschränkung der Streckenverfügbarkeit verbunden. Bei großen Absolutsetzungen kann es dazu kommen, dass die Funktionstüchtigkeit querender Leitungen nicht mehr gewährleistet ist.

2 Geotechnische Messungen an Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn

2.1 Messungen zur Beurteilung und Überwachung der Standsicherheit

Messungen sind in der Regel zur Beurteilung und Überwachung der Standsicherheit der Böschungen von Erdbauwerken unverzichtbar (siehe Abb. 2). Sie werden vor allem bei Einschnittsböschungen erforderlich, da durch den Aushub der Trasse das bestehende Gleichgewicht gestört wird. Durch die Entspannung sowie die Bewitterung ehemals tief liegender Bodenschichten kann es außerdem zu einer Verschlechterung der Bodeneigenschaften kommen. Auch Veränderungen der Grundwassersituation können die Standsicherheit maßgeblich beeinflussen. Einen Sonderfall stellen die so genannten Rutschhänge dar, die auch ohne die zusätzlichen äußeren Belastungen durch die Eisenbahntrasse rutschgefährdet oder sogar schon im Rutschen begriffen sind.



Abb. 2: Böschungsbruch während der Einschnittsherstellung

Die vordringliche Messaufgabe zur Beurteilung und Überwachung der Standsicherheit der Einschnittsböschungen ist die Messung der Böschungsverformungen, die durch Spannungsänderungen und Veränderungen des Böschungsgleichgewichtes hervorgerufen werden.

Ziel dieser Messungen ist es, Informationen über

- die Böschungsbereiche, in denen Verschiebungen bzw. Verformungen auftreten,
 - die Lage von Rutschflächen,
 - die Größe der Verschiebungen bzw. Verformungen,
 - die Verformungsgeschwindigkeit
- zu erhalten.

Verschiebungen bzw. Verformungen an Einschnittsböschungen werden im Wesentlichen anhand geodätischer Messpunkte und mit Hilfe von Vertikalinklinometern gemessen. Die geodätischen Messpunkte sind relativ einfach zu installieren und zu messen. Sie liefern allerdings nur Informationen über die Bewegungen an der Böschungsoberfläche. Zur Erkennung von Rutschflächen, die

eine Abgrenzung der Rutschmassen von den darunter liegenden Baugrundsichten darstellen, sind Vertikalinklinometer erforderlich. Diese Messinstrumente haben zudem noch den Vorteil, dass sie in der Regel eine höhere Messgenauigkeit aufweisen.

Zur Beurteilung der Standsicherheit von Einschnittböschungen ist es außerdem unerlässlich, Kenntnisse über die Grundwasserstände und die Porenwasserdrücke zu erlangen. Zur Messung von Grundwasserständen und Porenwasserdrücken werden in der Regel zu Grundwassermessstellen ausgebaute Bohrungen verwendet. Grundwassermessstellen sind Brunnen, in denen die Höhe des sich frei einstellenden Wasserspiegels gemessen wird, oder Druckgeber, die den hydrostatischen Wasserdruck in vorgegebenen Tiefen messen. Bei einfachen Verhältnissen mit nur einem Grundwasserhorizont oder bei deutlich voneinander abgetrennten Grundwasserhorizonten kommen Brunnen zum Einsatz, wobei die Festlegung der Filterstrecke entscheidenden Einfluss auf die Messergebnisse hat. Sind jedoch sehr stark wechselnde Grundwasserverhältnisse ohne eindeutige Trennung der einzelnen Grundwasserleiter vorherrschend, dann bieten Druckgeber den Vorteil, dass sie den Porenwasserdruck genauer lokalisieren. Bei Anordnung mehrerer Druckgeber in einem Bohrloch in verschiedenen Tiefen ist es möglich, Aussagen über die Porenwasserdruckverteilung im Boden zu erhalten.

Der Auswertung und Dokumentation der Messergebnisse kommt eine besondere Bedeutung zu. Da die Messergebnisse die maßgebliche Basis für die Beurteilung der tatsächlichen Böschungsstandsicherheit darstellen, müssen sie so aufbereitet werden, dass eine schnelle und unkomplizierte Informationsaufnahme möglich ist. Es muss eine eindeutige Zuordnung des Messortes, des Zeitpunktes der Messungen, der bautechnischen Randbedingungen (z. B. Aushubzustände) sowie der Prognose- bzw. Grenzwerte möglich sein. Bei Langzeitmessungen sind zudem die Messwerte als Funktion der Zeit darzustellen, um Tendenzen eventueller Böschungsbewegungen feststellen zu können.

Die Nutzung der elektronischen Datenverarbeitung erlaubt es, Messergebnisse auch außerhalb der Baustelle online auszuwerten und sehr kurzfristig allen Beteiligten zur Verfügung zu stellen. Bei langfristigen Messkampagnen oder bei schwer zugänglichen Böschungsbereichen können sich automatische Messwertfassungssysteme als geeignet erweisen, um die Messergebnisse drahtlos zum Ort der Auswertung übertragen zu können.

Die Beobachtungsmethode nach DIN 1054 (2005) soll angewendet werden, wenn die Vorhersage des Baugrundverhaltens bzw. der Standsicherheit der Einschnittböschungen allein anhand von vorab vorliegenden Baugrunduntersuchungen nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit möglich ist. In diesem Fall ist die messtechnische Überwachung Bestandteil des Nachweiskonzeptes. Im Zuge der Ausführungsplanung werden für verschiedene plausible Zustände der Böschung Sicherungsmaßnahmen planerisch festgelegt.

Bei der Bauausführung wird dann das erwartete Baugrundverhalten messtechnisch überwacht. Dazu sind vorab Verformungsprognosen bzw. Standsicherheitsprognosen zu erstellen und Grenzwerte festzulegen. Werden die Grenzwerte überschritten, sind zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gemäß den vorab genehmigten Planungen anzuordnen und auszuführen.

Voraussetzung für die Anwendung der Beobachtungsmethode für den Nachweis der Standsicherheit ist eine ausreichende Vorankündigung eventueller Versagenszustände, damit die zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen rechtzeitig eingebaut werden können.

2.2 Messungen zur Beurteilung und Überwachung Gebrauchstauglichkeit

Die Setzungen von Hochgeschwindigkeitsfahrwegen s_{ges} setzen sich bei Erdbauwerken, Ingenieurbauwerken und Tunneln aus Untergrundsetzungen s_U , Eigensetzungen der Erdbauwerke s_E und Setzungen infolge Verkehr s_V zusammen (siehe Abb. 3).

Die Untergrundsetzungen s_U und die Eigensetzungen der Erdbauwerke s_E entstehen infolge von statischen Beanspruchungen. Die Setzungen aus Eisenbahnverkehr s_V entstehen infolge von dynamisch-zyklischen Beanspruchungen bei den Zugüberfahrten.

Der größten Anteil an den Gesamtsetzungen s_{ges} ergibt sich in der Regel aus den Untergrundsetzungen s_U . Je höher die Dämme sind, auf denen der Fahrweg verläuft, desto größer werden die Spannungen im Untergrund und damit die zu erwartenden Setzungen.

Hebungen infolge Quellerscheinungen und Grundwasseranstieg sind gesondert zu betrachten.

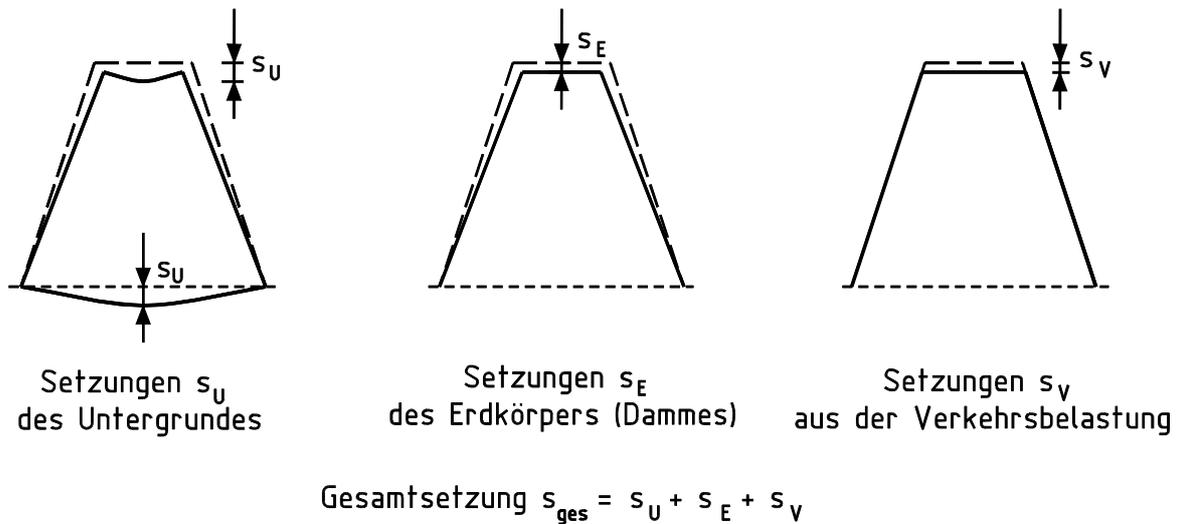


Abb. 3: Setzungsanteile bei einer Dammschüttung

Für die Gleislage und somit für die Gebrauchstauglichkeit des Fahrweges sind nur die Restsetzungen bzw. Resthebungen ab Einbau der Festen Fahrbahn maßgebend. Bis dahin können aufgetretene Verformungen spätestens beim Herstellen der Oberkante der ungebundenen Tragschichten ausgeglichen werden. Im Folgenden werden die Setzungen bzw. die Hebungen kurz als „Verformungen“ bezeichnet.

Hinsichtlich der Überprüfung von Verformungen anhand von Gebrauchstauglichkeitskriterien nach ist zwischen Absolut- und den Differenzverformungen zu unterscheiden. Für den hypothetischen Fall, dass die Restverformungen ab Einbau der Festen Fahrbahn gleichmäßig eintreten, ist nur die Einhaltung zulässiger Absolutverformungen nachzuweisen, da es keine Differenzverformungen gibt. Das hierfür anzuwendende zulässige Verformungsmaß ist nur durch geometrische Zwangspunkte wie die Oberleitung oder querende bzw. zu querende Ingenieurbauwerke festgelegt. Dieses Kriterium wird jedoch praktisch nie maßgebend.

Zur Kontrolle der Vorformungsprognosen anhand einer messtechnischen Überwachung ist im Rahmen der Ausführungsplanung ein geeignetes Messprogramm mit Angaben

- zu den Messpunkten (bauliche Durchbildung, räumliche Anordnung),
- zu den Messprinzipien,
- zur Messgenauigkeit und
- zu den Messzyklen

aufzustellen. Die Ausbildung der Messquerschnitte, deren Abstand und die Genauigkeit der Messungen sind den geometrischen Anordnungen der Prognoseergebnisse, der Schwierigkeit des jeweiligen Bauwerkes und dem Bauzustand anzupassen.

Bei Erdbauwerken wird ein Regelabstand von 50 m entsprechend der Stationierung in Längsrichtung zwischen zwei Messquerschnitten empfohlen. Dieser darf bei einfachen Verhältnissen (gleichmäßiger Untergrund und geringe zu erwartende Setzungen, z. B. Einschnitte im kompakten Fels) vergrößert werden. In Übergangsbereichen zu Kunstbauwerken sind die Messquerschnitte zu verdichten.

Die Messzyklen sind gemäß dem prognostizierten zeitlichen Verlauf der Verformungen zu wählen und den bereits vorliegenden Messergebnissen anzupassen.

Bei Erdbauwerken sollten in der Regel die Verformungen an Oberkante Untere Tragschicht in den Messquerschnitten erfasst werden. Dazu kommen in erster Linie geodätische Messpunkte in Betracht. In Dämmen sollten Setzungsmessungen in einer weiteren Ebene, vorzugsweise in der Dammaufstandsfläche, durchgeführt werden. Hierfür werden vorzugsweise Horizontalinklinometer eingesetzt, weil die gesamte Setzungsmulde in der Dammaufstandsfläche messtechnisch erfasst werden kann (siehe Abb. 4). Außerdem besitzen Horizontalinklinometer eine hohe Messgenauigkeit und beeinträchtigen den Baubetrieb nur sehr gering. Für Setzungsmessungen in einer zweiten Ebene sind aber auch Magnetsetzungspegel, hydrostatische Messgeber und verlängerbare Stangen denkbar.

In Abhängigkeit von der Dammhöhe, dem Dammbaumaterial und den Untergrundverhältnissen müssen nicht in allen Messquerschnitten Setzungsmessgeber in zwei Ebenen enthalten sein.

Ausgeführte Messpunkte sind ausreichend gegen Beschädigungen durch den Baustellenbetrieb zu schützen.

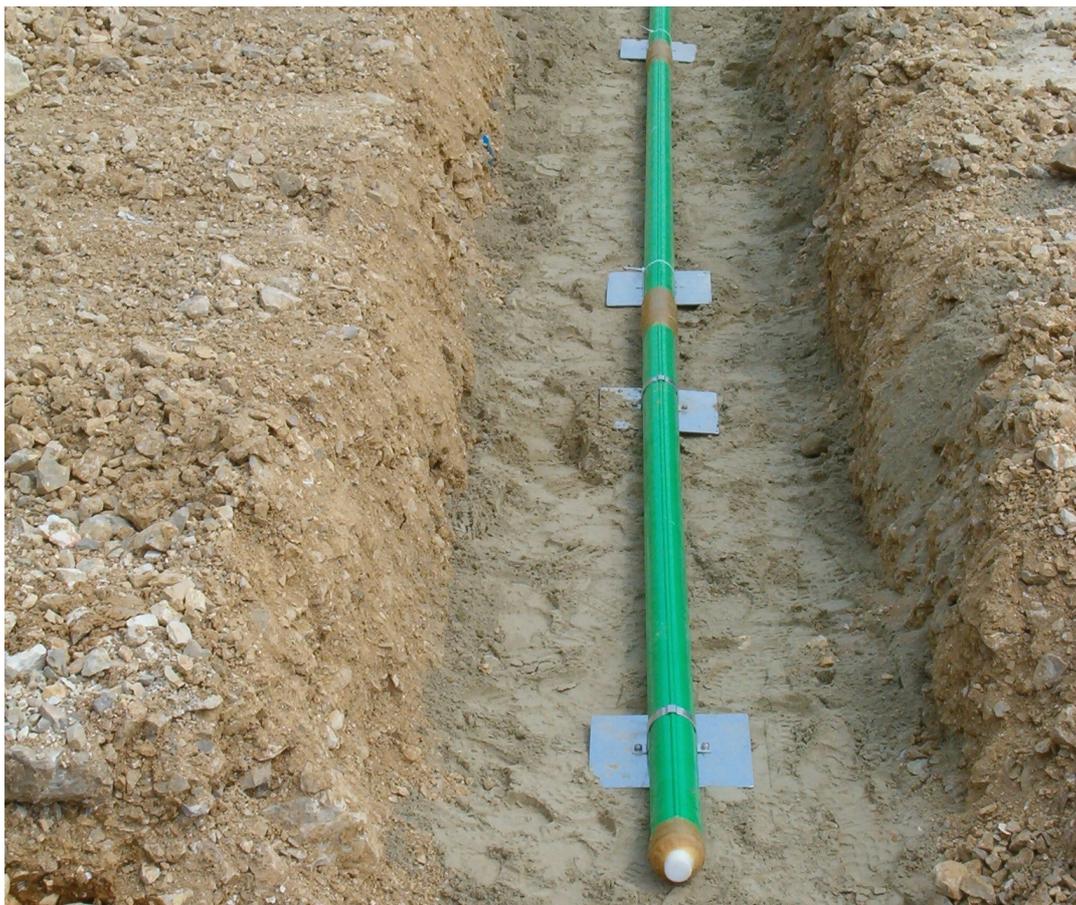


Abb. 4: Horizontalinklinometerrohr im Einbauzustand

Für die Darstellung der Verformungsmessergebnisse gelten die in Abschnitt 2.1 dargelegten Anforderungen an die Dokumentation von Messergebnissen. In Abb. 5 ist am Beispiel einer vorbelasteten Eisenbahnbrücke der Zeitlauf der Setzungen mit eindeutiger Zuordnung des Zeitpunktes der Messungen und der maßgeblichen Phasen des Baufortschrittes dargestellt.

Da die Auswertung der Verformungsmessungen nicht nur den Vergleich mit Grenzwerten, sondern auch die Überprüfung und ggf. die Verbesserung der Prognosen für die noch zu erwartenden Restverformungen beinhaltet, sind zu maßgebenden Zeitpunkten Auswertungsberichte anzufertigen.

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit einer Hochgeschwindigkeitsstrecke mit Fester Fahrbahn ist wegen der hohen Anforderungen an die zulässigen Restverformungen eine gesamtheitliche Verformungsbetrachtung durchzuführen (siehe Abschnitt 3).

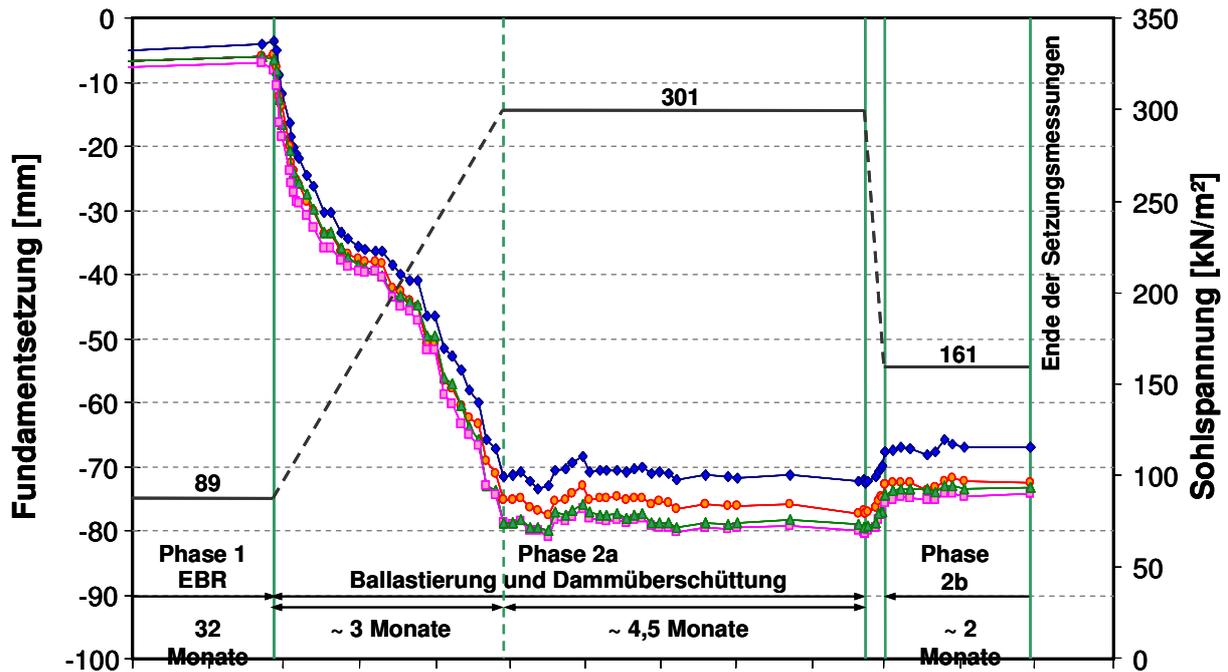


Abb. 5: Zeit-Setzungs-Verlauf für eine vorbelastete Eisenbahnbrücke

2.3 Besondere Messungen bei Hochgeschwindigkeitsfahrwegen mit Fester Fahrbahn

Wegen der hohen Anforderungen an die Gleislage und Fahrwegstabilität hat die zuverlässige Erkundung des Baugrundes eine vorrangige Bedeutung für Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn. Im Rahmen der Erkundungsmaßnahmen werden geotechnische und geophysikalische Messungen zur Bestimmung der Bodeneigenschaften sowohl für Standsicherheitsuntersuchungen (z. B. Erkundung von Karsthohlräumen) als auch für Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen (z. B. Bestimmung der Verformungseigenschaften schwieriger Böden in situ) verwendet.

Für die Erkundung verfüllter und unverfüllter Hohlräume im Einflussbereich des Fahrweges mit geophysikalischen Erkundungsmessungen sollten zwei unterschiedlichen Verfahren ausgeführt werden, um eine Redundanz der Messergebnisse zu erreichen. Im Ergebnis der geophysikalischen Messungen lassen sich Verdachtsbereiche (Anomalien) lokalisieren. In diesen Bereichen können dann die tatsächlichen Verhältnisse mit Hilfe von direkten Baugrundaufschlüs-

sen, wie z. B. Bohrungen oder Sondierungen, überprüft werden. Die Bohrungen dienen gleichzeitig der Kalibrierung der geophysikalischen Messungen.

Es liegen derzeit nur wenige Erfahrungen aus dem Betrieb von Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn vor. Da aber die Neubaustrecken mit der Vorgabe einer Lebensdauer von mehr als 60 Jahren geplant wurden, mussten oft Annahmen für die Bemessungen anhand von Extrapolationen, Modellversuchen und Abschätzungen festgelegt werden. Im Rahmen der Herstellung und des Betriebes besteht die Möglichkeit, diese Annahmen zu überprüfen bzw. die gegenwärtig verwendeten Bemessungsmethoden weiter zu entwickeln. Dabei hat es sich als notwendig erwiesen, die dynamischen Beanspruchungen bei Zugüberfahrten durch Messungen der Schwinggeschwindigkeiten mit Geophonen und der Drücke im Untergrund mit Druckmessdosen sowie die für die Schwingungsausbreitung charakteristischen Übertragungsfunktionen (z. B. für Maßnahmen zum Erschütterungsschutz) experimentell zu untersuchen (siehe Abb. 6).



Abb. 6: Messgeber zur Bestimmung der Druckspannungen und der Schwinggeschwindigkeiten unter der Festen Fahrbahn infolge Zugüberfahrt

Bei Baumaßnahmen im Einflussbereich der fertigen Festen Fahrbahn (z. B. Brückengründungen, Durchörterungen, Dammergänzungen) besteht die Gefahr, dass unverträgliche Verformungen in dem bestehenden Fahrweg induziert werden. Durch ein der Bauaufgabe angepasstes Messkonzept können die Baumaßnahmen gesteuert und somit Schäden vermieden werden. Die Messungen dienen einerseits der Verformungsüberwachung des bestehenden Fahrweges und andererseits der Überprüfung der neuen Baumaßnahme.

3 Gesamtheitliche Verformungsbetrachtung für Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn

3.1 Definition und prinzipieller Lösungsweg

Als gesamtheitliche Verformungsbetrachtung bezeichnet man eine auf den Grundsätzen der Beobachtungsmethode beruhenden Vorgehensweise, durch die bauwerksübergreifend entlang des gesamten Hochgeschwindigkeitsfahrweges nachgewiesen wird, dass die nach Einbau der Festen Fahrbahn zu erwartende bleibende Verformungen und Verformungsunterschiede die zulässigen Werte nicht überschritten werden. Größe und zeitlicher Verlauf der Verformungen längs des gesamten Fahrweges sind dazu möglichst experimentell gestützt rechnerisch zu prognostizieren, mit den zulässigen Werten zu vergleichen und bei Bau und Betrieb der Strecke durch Messungen zu kontrollieren (siehe Abb. 7).

Die Prognosen sind gegebenenfalls anhand von Messungen zu verbessern. Falls erforderlich, ist die Einhaltung der Verformungsanforderungen durch konstruktive Maßnahmen zu sichern.

Der erste Schritt ist die rechnerische Verformungsprognose. Setzungen und deren zeitlicher Verlauf infolge von statischen Lasten (Untergrund bzw. Gebirge, Unterbau, Oberbau der einzelnen Bauwerke des Fahrweges) können in der Regel in Anlehnung an hierfür geltenden Normen gemäß dem Stand der Technik berechnet werden. Bei den Verformungsprognosen sind alle relevanten Belastungssituationen zu berücksichtigen.

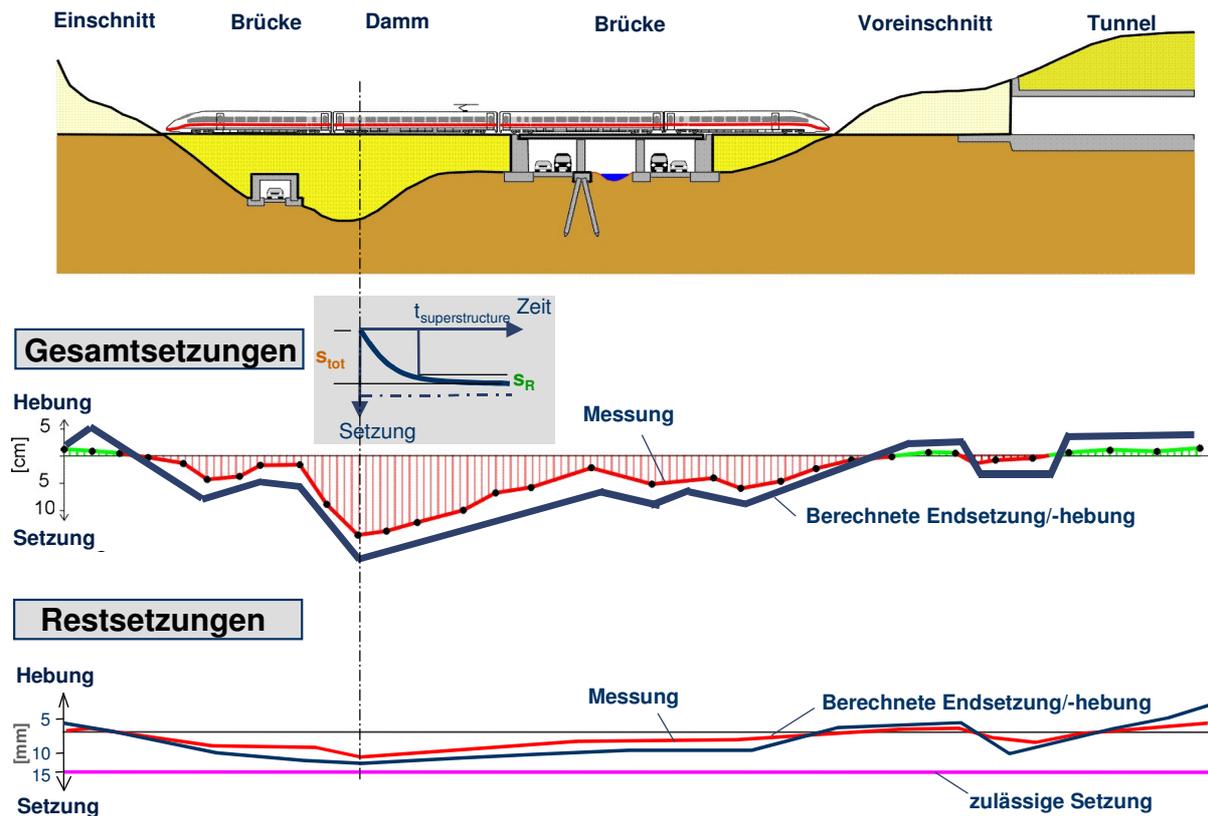


Abb. 7: Exemplarische Darstellung der gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung in einem Trassenabschnitt

Analog den Messquerschnitten gemäß Abschnitt 2.2 wird bei Erdbauwerken ein Regelabstand von 50 m entsprechend der Stationierung in Längsrichtung zwischen zwei Berechnungsquerschnitten empfohlen. Dieser darf bei einfachen Verhältnissen vergrößert werden. In Übergangsbereichen zu Kunstbauwerken sind die Berechnungsquerschnitte zu verdichten.

Die rechnerischen Verformungsprognosen sollten entweder vor Baubeginn oder in einer frühen Bauphase erstellt werden, so dass die Kriterien für die Anwendbarkeit der Beobachtungsmethode gegeben sind. Verformungsprognosen als Bestandteil der Ausführungsplanung dienen der Festlegung von erforderlichen bautechnischen Maßnahmen (z. B. Untergrundverbesserung, verlängerte Liegezeit, Überschüttung). Falls vor Erstellung der Verformungsprognose bereits Ergebnisse von Verformungsmessungen vorliegen, sind diese bei der Kalibrierung der Berechnungsmodelle zu berücksichtigen.

Falls größere Abweichungen zwischen rechnerischer Prognose und den Ergebnissen von Verformungsmessungen auftreten, sind mögliche Ursachen festzustellen und verbesserte Prognosen zu erstellen. Dies gilt insbesondere in den

Fällen, in denen die Ergebnisse der Verformungsmessungen auf ungünstigeres Verformungsverhalten schließen lassen.

Die Ertüchtigung der rechnerischen Prognosen sollte vorrangig auf der Basis zutreffenderer Bodenparameter erfolgen, die mittels Rückrechnung der bis dahin eingetretenen Verformungen zu ermitteln sind. In besonderen Fällen können Nacherkundungen und besondere Untersuchungen erforderlich werden, und die geologischen Modelle sind dementsprechend zu präzisieren.

3.2 Messung und Beurteilung der eingetretenen Verformungen

Zur messtechnischen Kontrolle der Verformungsprognosen ist im Rahmen der Ausführungsplanung ein geeignetes Messprogramm (siehe auch Abschnitt 2.2) aufzustellen. Nach Fertigstellung der Festen Fahrbahn sind die an Erdbau- und Kunstbauwerken installierten Messpunkte auf die Feste Fahrbahn zu übertragen. Entscheidend sind letztendlich die Verformungsunterschiede in Trassenlängsrichtung zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit des Fahrweges.

Die Messzyklen sind gemäß dem prognostizierten zeitlichen Verlauf der Verformungen zu wählen und den bereits vorliegenden Messergebnissen anzupassen. Ausgeführte Messpunkte sind ausreichend gegen Beschädigungen durch den Baustellenbetrieb zu schützen.

Die Messergebnisse sind mit eindeutiger räumlicher und zeitlicher Zuordnung graphisch darzustellen. Dabei sind Informationen zum Baufortschritt und zu den Soll-Werten der Verformungen zu dokumentieren (siehe Abb. 8).

Am Ende der vertraglichen Mindestliegezeit (z. B. 6 Monate) und 3 bis 5 Monate vor dem geplanten Einbau der Festen Fahrbahn sind die Messergebnisse hinsichtlich der Übereinstimmung mit den rechnerischen Prognosen zu bewerten. In kritischen Bereichen sind gegebenenfalls die Messpunkte zu verdichten.

Im Rahmen der Nachweisführung zur Freigabe des Einbaus der Festen Fahrbahn ist das Absolutmaß für die Restsetzungen/Resthebungen ab Einbau der Festen Fahrbahn zu bestimmen und mit dem Anforderungswert zu vergleichen.

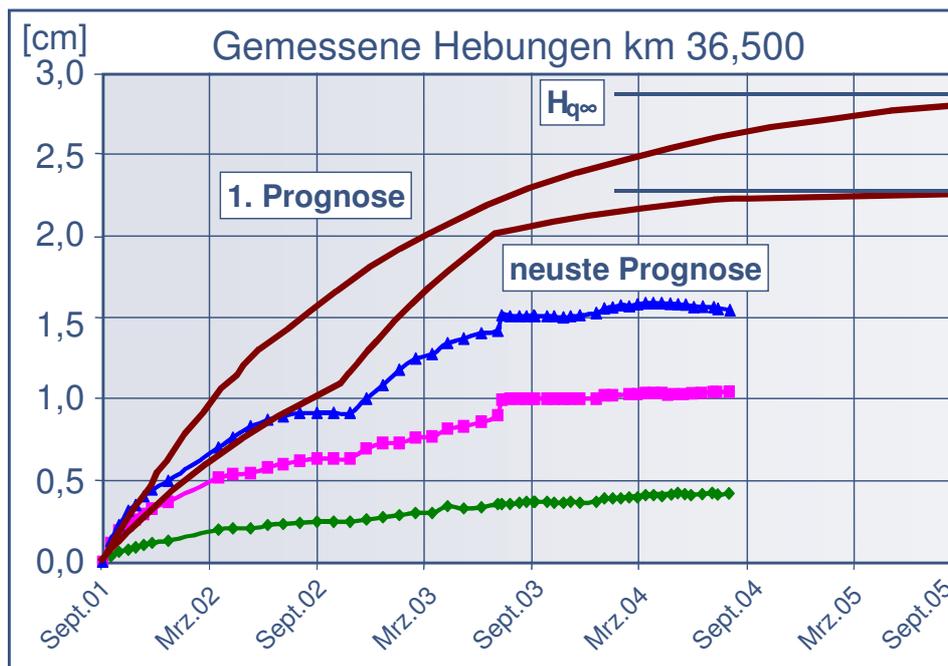


Abb. 8: Zeit-Hebungs-Verlauf mit Prognose für eine Messstelle

Die Nachweise sind erfüllt, wenn die nach den rechnerischen Prognosen und/oder den Prognosen anhand der bisherigen Messergebnisse zu erwartenden Restverformungen nach Einbau der Festen Fahrbahn kleiner als die Anforderungswerte sind.

4 Schlussbetrachtungen

An Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn werden wegen der erwarteten hohen Verfügbarkeit bei gleichzeitiger Instandhaltungsarmut hohe Anforderungen an die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit gestellt.

Es ist eine große Vielfalt an Messungen erforderlich, um ausreichende Informationen über den Ausgangszustand der Bauwerke, die Einwirkungen und das Verhalten im Bau- bzw. Betriebszustand zu erhalten. Besonders der Einhaltung der hohen Anforderungen an die zulässigen Restverformungen nach Einbau der Festen Fahrbahn ist eine Herausforderung an die Ingenieure und auch die Messtechnik.

Das Aufstellen geeigneter Messkonzepte, die Durchführung der Messungen, die Auswertung der Messergebnisse und das Ziehen der notwendigen Schlüsse gehören zu den interessantesten und verantwortungsvollsten Aufgaben im Verkehrswegebau.

Die Einhaltung der strikten Verformungsanforderungen bei Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn erfordert eine sorgfältige und konsequente Umsetzung der gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung. Entscheidend dabei ist die Qualität der Verformungsmessungen.

Literatur

- Hardt, D.; Ablinger, P.; Vogt, L.: Innovative Feste Fahrbahn auf der NBS Nürnberg-Ingolstadt im Überblick; ETR 53 (2004), H. 9, S. 584-594
- Hardt, D.; Ablinger, P.; Vogt, L.: Der Oberbau der Neubaustrecke Nürnberg-Ingolstadt im Überblick, neue Infrastruktur mit Spitzentechnologie; Edition ETR Schnellbahnachse Nürnberg-Ingolstadt-München, Eurailpress Tetzlaff-Hestra GmbH (2006), S. 108-121
- Vogt, L.; von Wolffersdorff, P.-A.; Rehfeld, E.: Behaviour of slab track under extreme stress conditions; Vortrag zum Euroean Slab Track Symposium in Brüssel am 22.02.2005; Veröffentlichung durch den IFV Bahntechnik
- Vogt, L.; Könnings, H.-D.; Rehfeld, E.; Neidhart, Th.: Stark plastische Böden als Baugrund und Dammbaustoff für Hochgeschwindigkeitsstrecken der Deutschen Bahn AG, Vorträge der Baugrundtagung 2000 in Hannover, S. 305-312
- von Wolffersdorff, P.-A.; Rosner, S.; Wegerer, P.: Planung von bautechnischen Lösungen in den quellgefährdeten Einschnitten der Hochgeschwindigkeitsstrecke Nürnberg – Ingolstadt, Vorträge der Baugrundtagung 2004 in Leipzig, S. 221-228
- von Wolffersdorff, P.-A.; Heidkamp, H.: Quellverhalten diagenetisch verfestigter Tonsteine in der Einschnitten der Neubaustrecke Nürnberg – Ingolstadt der Deutschen Bahn AG, Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Kempfert, Schriftenreihe Geotechnik Universität Kassel, 2005, Heft 18, S. 35-52